昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, May 2008, 51(1):556 - 560 ISSN 0454-6296

转 Bt 基因水稻对三化螟自然种群的影响

蔡万伦，杨长举，张宏宇，华红霞*，杨 杉，翟小战，姚英娟，石尚柏

(华中农业大学植物科技学院城市有害生物防治研究所，武汉 430070)

摘要：为了了解水稻重要害虫三化螟 *Scirpophaga incertulas* (Walker)对转 Bt 基因水稻产生抗性的潜在风险，本文利用自然种群生命表，研究了第 3 代三化螟在转 Bt 基因杂交稻汕优 63 及非转 Bt 基因杂交稻汕优 63 上的种群参数。结果表明：在 Bt 稻上 1～2 龄幼虫的存活率为 4.03%，极显著低于非转基因 SY63(55.76%)；Bt 稻上幼虫为害率为 1.75%，极显著低于非转基因 SY63(5.98%)；Bt 稻上存活的幼虫发育历期明显长于非转 Bt SY63。

关键词：三化螟；转 Bt 水稻；种群参数；生命表

中图分类号：Q968 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2008)05-0556-05

Effects of transgenic Bt rice on *Scirpophaga incertulas* (Walker) populations in paddy fields

CAI Wan-Lun, YANG Chang-Ju, ZHANG Hong-Yu, HUA Hong-Xia*, YANG Shan, ZHAI Xiao-Zhan, YAO Ying-Juan, SHI Shang-Bai (Institute of Urban Pest, Plant Science and Technology Collage, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: In order to investigate the resisitence potentials of *Scirpophaga incertulas* (Walker) to transgenic Bt rice, the population parameters of the 3rd generation of *S. incertulas* on hybrid Bt rice and non-Bt hybrid rice were studied. The results showed that the survival rate of early instar larvae at the boring stage on Bt hybrid rice was 4.03%, significantly lower than that on non-Bt hybrid rice (55.76%). The infestation rate of larval on Bt hybrid rice was 1.75%, remarkably lower than that on non-Bt hybrid rice (5.98%). The larval developmental duration of *S. incertulas* on Bt hybrid rice was highly prolonged when compared with non-Bt rice.

Key words: *Scirpophaga incertulas*; transgenic Bt rice; population parameters; life table

三化螟 *Scirpophaga incertulas* (Walker)是亚洲水稻上的重要害虫，抗虫品种是防治三化螟的重要手段。采用传统的育种方法很难得到对三化螟高抗的品种，近年来，转基因技术的问世使培育对三化螟高抗的品种成为可能。从上世纪 90 年代开始，多个国家和科研团队相继将对鳞翅目具有良好杀虫效果的苏云金杆菌毒蛋白基因转入水稻，得到了一系列转 Bt 基因抗虫水稻(谢道昕等，1991；Fujimoto *et al.*，1993；Datta *et al.*，1998)。

已有的田间试验及其室内测定报道表明，转 Bt 基因水稻对二化螟 *Chilo suppressalis*、三化螟 *S. incertulas* 以及稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medialis* 的控制效果很好，基本不受上述害虫的为害(Tu *et al.*，2000；Ye *et al.*，2001；Khanna and Raina，2002)。多年的化学农药应用实践表明，昆虫在农药的多次汰选下会产生高水平的抗药性，转基因杀虫作物的应用也面临与化学农药同样的风险(魏伟等，1999)。因此，本文利用自然种群生命表，研究了第 3 代三化螟在转 Bt 基因杂交稻汕优 63 及非转 Bt 基因杂交稻汕优 63 上的种群参数，以了解水稻重要害虫三化螟 *S. incertulas* (Walker)对转 Bt 基因水稻产生抗性的潜在风险。

1 材料与方法

1.1 供试水稻品种与昆虫

转 Bt 基因水稻：转 *cry1Ab/cry1Ac* 基因的杂交水稻汕优 63(Bt 稻)，由华中农业大学生命科学院提

基金项目：国家重点基础研究发展规划项目(2001CB109004)

作者简介：蔡万伦，男，1976 年生，湖北松滋人，博士，主要从事转基因水稻生态安全研究，E-mail：dadi-jinling@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Author for correspondence, Email：huahongxia@mail.hzau.edu.cn

收稿日期 Received：2007-12-12；接受日期 Accepted：2008-05-16

供 对照品种：普通汕优 63（SY63），从当地市面购得。供试昆虫：武汉市周边地区发生的第 3 代三化螟

1.2　试验田设计

试验田为一东西走向的近乎长方形田块，面积为 1 334 m^2，北面为蔬菜地，东面、西面均为棉花地，南面临湖。根据蔡万伦等（2005a，2005b）研究结果，各小区进行如下设计：Bt 水稻小区与对照 SY63 水稻小区各为 105 m^2（15 m × 7 m），重复 3 次，小区在田中随机排列，间距 2 m，田边四周种植 1 m 宽的 SY63 作保护行，保护行距离各小区均为 2 m。水稻于 2004 年 5 月 12 日浸种催芽，5 月 15 日播种，6 月 17 日插秧，每蔸 1 苗。常规管理，不施用任何农药。

1.3　试验方法

1.3.1　卵块收集：8 月 13 – 15 日，选无雨的夜晚在湖北蕲春县管窑村周边水稻田间诱蛾，连续诱集第 2 代三化螟螟蛾 3 d。每天 7：00 pm 开灯，12：00 pm 关灯。参照沈君辉等（2004）方法，用保鲜袋收集第 3 代三化螟卵块，得到的卵块依其形状连同塑料膜剪成近似大小的条状膜。

1.3.2　接卵：同日产出的卵块当天用米尺测卵块体积（长、宽、高），24 h 后移到大田，保持每次移入 Bt 稻小区和 SY63 小区上的卵块数相等以及卵块大小一致。将连续 3 d 产的卵块，依次接入各个小区，每个水稻品种共接入 33 个卵块。接入卵块前，仔细清除以接入点为圆心的方圆 1 m 内所有稻株上自然虫源产的卵块，用 5 号昆虫针将带有卵块的塑料薄膜固定在生长旺盛的水稻叶片背面，并标记接入田块中卵块的位置。此外，每次接卵前，保留一部分卵块在室内剖检卵粒数，求出卵块总粒数与体积的回归方程，以此推算接入田间卵块的总卵粒数。

1.3.3　卵孵化观察：卵块孵化 24 h 后全部取回室内，用指形管单管保湿培养。一周后，观察是否有寄生蜂，并鉴定寄生蜂种类及数目。然后用 5% NaOH 溶液浸泡卵块 24 h，剖检记载死卵粒数，被寄生卵粒数和总卵粒数。参照水稻害虫与天敌图册（湖北省农业科学院植物保护研究所，1978），鉴定寄生性天敌，下同。

1.3.4　钻蛀观察：接卵后第 3 d 开始，每天在田间观察距接入点半径 1 m 的圆形范围内新出现枯心（白穗）数。直到连续 3 d 再无枯心苗（白穗）出现为止，此时即为钻蛀定株稳定期。定株后，在每个品种稻田中抽查 3 个卵块造成的枯心（白穗）团，全部剥查枯心苗（白穗）内的实际虫数及相应死虫数。死虫带回室内，用指形管单管保湿培养，一周后检查死亡原因，有寄生蜂的鉴定种并记载其数目。

1.3.5　转株观察：当钻蛀定株稳定期过后，再次出现新的枯心（白穗）时，用不同于以前的标记标出新的枯心（白穗）苗，直到不再出现新的枯心（白穗）为止，此时即为第一次转株定株稳定期。三化螟幼虫会转株为害 1 ~ 3 次（丁锦华和苏建亚，2002），因此，重复上述转株观察操作，直至白穗数稳定后，随机在两类稻田中各抽取 3 个卵块周围的白穗，带回实验室剥查，余下的卵块点周围 1 m 范围内水稻留下 30 cm 高的稻桩，供幼虫越冬。

1.4　分析方法

通过 SAS8.2 软件 REG 程序求出卵块总卵粒数 y 与体积 x 的回归方程，按照此方程计算接入各卵块的卵粒数。参照张孝羲（2001）分别组建 Bt 稻与对照稻 SY63 上三化螟自然种群的生命表，不同水稻品种上三化螟种群各参数比较通过 SAS8.2 软件进行 t 测验。

2　结果与分析

2.1　Bt 稻对三化螟卵块孵化的影响

根据实际剥查卵块卵粒数与相应体积，求得卵粒数 y 与卵块体积 x 的回归方程为：$y = 7.83756 + 5.01071x$（$r = 0.9794$，$P < 0.05$）。从表 1 可以看出，在卵块孵化阶段，无论是卵不育率还是被寄生率，Bt 稻与对照稻 SY63 之间都不存在显著差异。从表 1 和表 2 中可以看出，卵块孵化阶段总存活率：转 Bt 水稻上为 84.8%，对照稻 SY63 上为 81.1%，两者相差不大。可见 Bt 稻对三化螟卵块孵化没有明显影响。经鉴定，卵寄生蜂为稻螟赤眼蜂 *Trichogramma japonicum* Ashmead。

表 1　不同品种水稻上三化螟卵未孵化率及蚁螟存活率

Table 1　Some population parameters of *Scirpophaga incertulas* (Walker) on different rice varieties at the egg and neonate stage

品种 Rice variety	卵未孵化率（%） Rate of unhatched eggs	卵寄生率（%） Rate of parasitized eggs	蚁螟存活率（%） Survival rate of boring larvae
Bt rice	5.56 ± 0.86 Aa	9.60 ± 2.44 Aa	4.03 ± 1.01 Bb
CK rice	7.89 ± 2.57 Aa	9.77 ± 3.60 Aa	55.76 ± 8.25 Aa

* 表中数据为均值 ± SE，同列数据后不同字母表示品种间具显著性差异，大写字母表示 $P < 0.01$；小写字母表示 $P < 0.05$（t 检验）。
Data in the column are mean ± SE; different capital letters indicate significant difference at the level of 0.01 between the two rice varieties, while different small letters indicate significant difference at the level of 0.05 (t-test).

2.2 Bt 稻对三化螟存活和发育的影响

根据 2004 年调查结果，分别组建了 Bt 稻和对照稻 SY63 上三化螟的部分生命表(表 2)。两表中的起始卵量为假设数 1 000 粒，各虫期不同死亡原因导致的死亡率为实际观测结果。

表 2 显示，两个品种水稻上三化螟各发育阶段的存活率时间动态相同，总体上呈下降趋势，下降幅度最大的阶段处于低龄幼虫阶段，到后期下降幅度则相对平缓。但从三化螟初期(1～2 龄)幼虫的累积存活率看，Bt 稻上的(2.85%)明显低于对照稻 SY63(31.32%)(t = 3.8884，P < 0.05)。Bt 稻上的初期幼虫存活率(4.03%)显著低于对照稻 SY63(55.76%)(表 1)。在幼虫发育中后期，对照稻上三化螟被寄生率显著高于 Bt 稻(t = 4.2564，P < 0.05)。寄生物经鉴定为中华茧蜂 *Bracon chinensis* Szepligeti。

表 2 Bt 稻和对照稻上第 3 代三化螟自然种群生命表(湖北武昌，2004)

Table 2 Life table of 3rd generation *Scirpophaga incertulas* (Walker) in Bt rice paddy and control rice paddy (Wuchang, Hubei, 2004)

发育阶段 Growth Stage (x)	存活数 *lx*		死亡原因 dxF	死亡率(%) *qx*		存活率(%) *Sx*		累积存活率(%) *CSx*	
	Bt	CK		Bt	CK	Bt	CK	Bt	CK
卵 Egg#	1 000	1 000	捕食 Predation	0.00	1.20				
			寄生 Parasitism	9.60	9.77				
			死卵 Nonviable egg	5.56	7.89				
			合计 Total	15.16	18.86	84.76	81.14	84.76	81.14
1～2 龄幼虫 1st to 2nd instar	848	811	钻蛀 Boring	95.97*	44.24				
			转株 Movement	0.67	17.14*				
			合计 Total	96.64	61.38	3.36	38.62*	2.85	31.32*
3～4 龄幼虫 3rd to 4th instar	29	386	转株 Movement	26.20	27.41				
			寄生 Parasitism	1.75	5.98*				
			失踪 Loss	4.56	2.88				
			合计 Total	32.51	36.27	67.49	63.73	1.92	24.60
越冬幼虫 Overwintering larva##	19	246	–	–	–	–	–	–	–

起始卵量假设为 1 000 粒，表中死亡率为实际观测值 The initial number of eggs assumed to be 1 000, and the mortality (qx) in every stage was the practically observation data；## 由于农事人员操作失误，保留在田间过冬稻桩被毁，故无越冬后化蛹及羽化数据 No pupa and emergence data were recorded because of operation mistakes on the experiment paddy by local farmers；* 同一参数品种间存在显著差异(t 检验，P < 0.05) There was significant difference between the two rice varieties by t-test (P < 0.05).

图 1 是两个水稻品种的白穗数动态。可以明显看出，对照稻上第 3 代三化螟幼虫钻蛀定株日期是 8 月 28 日；第一次转株从 8 月 30 日开始，9 月 3 日定株，历时 4 d；第二次转株 9 月 5 日开始，9 月 11 日定株，历时 6 d；Bt 稻上三化螟的上述各个阶段界限不明显，曲线近乎一条递增直线，整个观测期内的累计白穗数不超过 10 株，表明三化螟在 Bt 稻上存活率极低，与表 2 中最终累积死亡率只有 1.92% 相吻合。

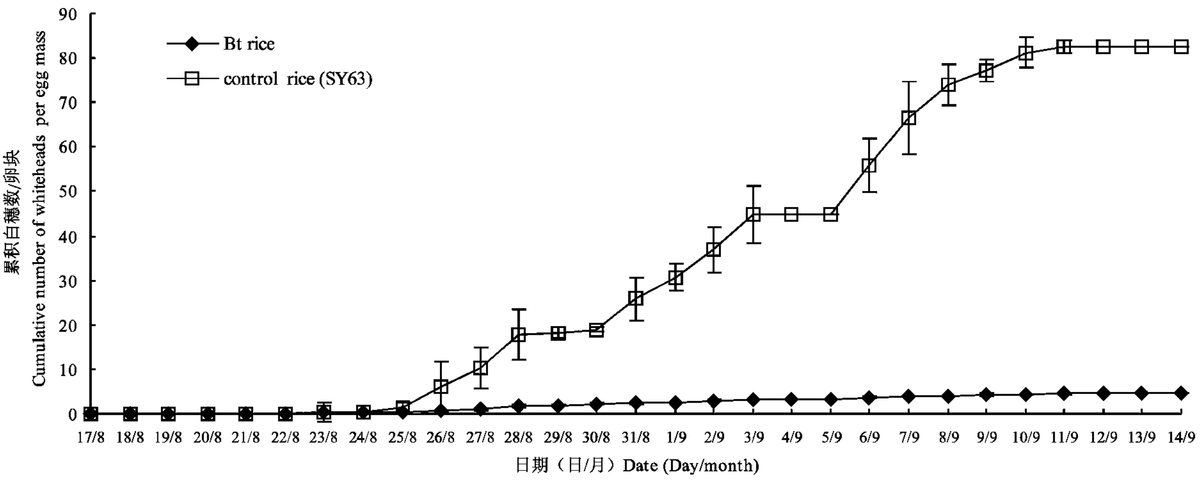

图 1 不同品种水稻上白穗数动态(湖北武昌，2004)

Fig. 1 Dynamics of whiteheads in different rice paddies (Wuchang, Hubei, 2004)

分析田间白穗剥查结果得出：Bt 稻田的白穗中 2 龄和 3 龄幼虫分别占总剥出虫数的 83.3%和 16.7%，没有 4 龄幼虫；对照稻田中 2 龄、3 龄和 4 龄幼虫分别占总剥出虫数的 21.3%，32.4%和 46.3%。可见，对照稻上三化螟幼虫的发育比 Bt 稻明显要快，即 Bt 稻对入侵存活下来的三化螟幼虫发育存在明显不利影响。

3　讨论

目前，“高剂量/庇护所”策略被多数科学家认为是延长 Bt 作物有效性，进行害虫抗性管理的一种可行方法。其原理主要是基于昆虫对 Bt 毒蛋白的抗性基因是隐性基因的假设，通过高剂量表达的毒蛋白杀死害虫种群中表现敏感的杂合个体，通过庇护所(非转基因水稻)上的敏感个体与表现为抗性的纯合个体交配来稀释抗性基因在害虫种群中的比例，达到延缓抗性进化速度的目的(Roush，1997；茹李军等，2002)。Tu 等(2000)对与本文同一种转基因杂交水稻做的田间抗性测定表明，白穗率仅为 1.1%，有虫率为 0%，这与我们的试验结果基本一致，说明此转基因水稻中 Bt 毒素的表达量在一个高水平上，采用‘高剂量/庇护所’的策略是可行的。因此，如何安排庇护所使其发挥最大的作用是关键。相关的研究表明影响庇护所效率的因子很多，如庇护所大小、形状与转基因作物的栽培格局，靶标害虫的交配与扩散行为等(Peck *et al*.，1999；Caprio，2001；Ives and Andow，2002；Onstad *et al*.，2002；蔡万伦等，2005a，2005b)。从本文研究结果来看，Bt 水稻对三化螟 1～2 龄幼虫入侵有着极强的毒杀作用，但从白穗动态以及拨查出的幼虫虫龄组成来看，在 Bt 稻上存活下来的幼虫发育历期明显长于对照稻，这必将导致两个品种上同期发生的幼虫羽化时间不一致。由于庇护所策略是利用感性昆虫与抗性个体交配，降低抗性基因频率增大的可能。所以，若今后采用此策略管理水稻螟虫抗性，适当调整错开转基因水稻与庇护所的种植时间是提高庇护所效率的一个现实途径，即让有利于三化螟入侵的分蘖期、孕穗期(尤其是这个时期)在 Bt 水稻田提前，以此来平衡三化螟在不同水稻中发育速度的差异，最终有利于抗性个体与敏感个体的交配。

由于转 Bt 基因作物对靶标害虫的高度活性，因此转 Bt 基因作物是否对靶标害虫的寄生天敌产生不利影响也是当前关注的热点。崔金杰和夏敬源(1999)对转 Bt 基因棉花的研究表明，将棉铃虫齿唇姬蜂 *Campoletis chlorideae* Uchida 和侧沟绿茧蜂 *Microplitis* sp. 寄生取食 Bt 棉和对照棉的棉铃虫，结果发现寄生取食 Bt 棉棉铃虫的两种寄生蜂的寄生率、羽化率、蜂茧重和蜂重均明显低于寄生取食对照棉的。姜永厚等(2004)研究表明，以用转 Bt 基因(KMD1)水稻饲喂的二化螟作寄主的二化螟绒茧蜂寄生率明显低于对照，并认为这主要是因为寄主的营养质量低造成的。Schuler 等(1999)在转基因油菜和 Bell 等(1999)在转基因马铃薯上也有类似研究与结果。另外，Mark 和 Bruce(2005)对靶标害虫的专性寄生蜂的种群模拟试验指出，寄主繁殖率与被寄生率降低是导致天敌种群减少的重要因子。从本研究来看，在初期，卵寄生率在 Bt 稻与对照稻上并无差异(表 1)，这表明转 Bt 稻对卵寄生蜂无影响；而在后期，转 Bt 稻上的三化螟幼虫被寄生率(1.75%)低于对照稻上的被寄生率(5.98%)，与上述研究一致。就其原因，我们认为正是 Bt 稻在蚁螟钻蛀阶段大量毒杀幼虫，造成后期寄主数量严重不足，从而导致寄生蜂寄生率下降。以上研究均表明转 Bt 作物存在使靶标害虫专性寄生天敌生存不利的风险。显然，设置庇护所能提供大量寄主保护田间寄生天敌群落，有利于维护稻田生态系统的多样性。

由于时间等客观因素，本文只针对三化螟第 3 代进行了研究分析，而且由于越冬管理没跟上导致农事管理人员毁掉了田中留下越冬的稻桩，致使越冬后数据全无。因此，还需要更多的田间试验来全面评估 Bt 稻对三化螟的影响。

参 考 文 献 (References)

Bell HA，Fitches EC，Down RE，Marris GC，Edwards JP，Gatehouse JA，Gatehouse AMR，1999. The effect of snowdrop lectin (GNA) delivered via artificial diet and transgenic plants on *Eulophus pennicornis* (Hymenoptera：Eulophidae)，a parasitoid of the tomato moth *Lacanobia oleracea* (Lepidoptera：Noctuidae). *J. Insect Physiol*.，45(11)：983－991.

Cai WL，Shi SB，Yang CJ，Peng YF，Zheng YL，2005a. The arthropod community stabilities and diversities in the Bt rice paddy field with different patch designs. *Acta Ecologica Sinica*，25(11)：2 968－2 975.［蔡万伦，石尚柏，杨长举，彭于发，郑亚莉，2005a. Bt 水稻田不同斑块设计对田间节肢动物群落稳定性的影响. 生态学报，25(11)：2 968－2 975］

Cai WL，Shi SB，Yang，CJ，Peng YF，2005b. Difference of arthropod communities in Bt rice paddies under different cropping patterns. *Acta Entomologica Sinica*，48(4)：537－543.［蔡万伦，石尚柏，杨长举，彭于发，2005b. 不同种植方式下转 Bt 基因水稻对稻田节肢动

物群落的影响. 昆虫学报, 48(4): 537 – 543]

Caprio MA, 2001. Source-sink dynamics between transgenic and non-transgenic habitats and their role in the evolution of resistance. *J. Econ. Entomol.*, 94: 698 – 705.

Cui JJ, Xia JY, 1999. Effects of transgenic Bt cotton on the population dynamic of natural enemies. *Acta Gossypii Sinica*, 11(2): 84 – 91. [**崔金杰,夏敬源**,1999. **转** Bt **基因棉对天敌种群动态的影响. 棉花学报**, 11(2): 84 – 91]

Datta K, Vasquez A, Tu J, Torrizo I, Alam MF, Oliva N, Abrigo E, Khush GS, Datta SK, 1998. Constitutive and tissue specific differential expression of the CryIA(b) gene in transgenic rice plants conferring resistance to rice insect pest. *Theor. Appl. Genet.*, 97: 20 – 30.

Ding JH, Su JY, 2002. Agricultural Entomology. China Agriculture Press, Beijing. 166 – 170. [**丁锦华,苏建亚**,2002. **农业昆虫学(南方本). 北京: 中国农业出版社**. 166 – 170]

Fujimoto H, Itohet K, Yamamoto M, Kyozuta J, Shimamoto K, 1993. Insect resistant rice generated by introduction of a modified endotoxin gene from *Bacillus thuringiebsis*. *Bio/Technology*, 11: 1 151 – 1 155.

Ives AR, Andow DA, 2002. Evolution of resistance to Bt crops: directional selection in structured environments. *Ecol. Lett.*, 5: 792 – 801.

Khanna HK, Raina SK, 2002. Elite Indica transgenic rice plants expressing modified Cry1Ac endotoxin of *Bacillus thuringiensis* show enhanced resistance to yellow stem borer (*Scirpophaga incertulas*). *Transgenic Res.*, 11: 411 – 423.

Mark SS, Bruce ET, 2005. Simulated effects of transgenic Bt crops on specialist parasitoids of target pests. *Environ. Entomol.*, 34: 733 – 742.

Onstad DW, Guse CA, Porter P, Buschman LL, Higgins RA, Sloderbeck PE, Peairs FB, Cronholm GB, 2002. Modeling the development of resistance by stalk-boring lepidopteran insects (Crambidae) in areas with transgenic corn and frequent insecticide uses. *J. Econ. Entomol.*, 95: 10 033 – 10 043.

Peck SL, Gould F, Ellner SP, 1999. Spread of resistance in spatially extended regions of transgenic cotton: implications for management of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.*, 92: 1 – 16.

Plant Protection Institute, Hubei Academy of Agricultural Sciences, 1978. Rice Pest and Natural Enemy. Hubei People's Press, Wuhan. 76 – 98. [**湖北省农业科学院植物保护所**,1978. **水稻害虫及其天敌图册. 武汉 湖北人民出版社**. 76 – 98]

Roush R, 1997. Managing resistance to transgenic crops. In: Carozi N, Koziel M eds. Advances in Insect Control: the Role of Transgenic Plants. Taylor and Francis, Bristol, PA. 271 – 294.

Ru LJ, Zhao JZ, Rui CH, 2002. A simulation model for adoption of cotton boll worm to transgenic Bt cotton in northern China. *Acta Entomologica Sinica*, 45(3): 153 – 159. [**茹李军,赵建周,芮昌辉**,2002. **华北地区棉铃虫对转** Bt **基因抗虫棉抗性适应的模拟模型. 昆虫学报**,45(2): 153 – 159]

Schuler TH, Potting PJ, Denholm I, Poppy GM, 1999. Parasitoid behaviour and *Bacillus thuringiensis* plants. *Nature*, 400: 825 – 826.

Shen JH, Liu GJ, Xu P, Yi ZQ, 2004. A new and simple method for efficiently collecting eggs of the striped stem borer, *Chilo suppressalis* in rice. *Entomological Knowledge*, 41(3): 282 – 283. [**沈君辉,刘光杰,徐鹏,易宗强**,2004. **一种采集水稻二化螟卵(块)的高效简便新方法. 昆虫知识**, 41(3): 282 – 284]

Tu JM, Zhang GA, Data K, Xu CG, He YQ, Zhang, QF, Khush GS, Datta SK, 2000. Field performance of transgenic elite commercial hybrid rice expressing *Bacillus thuringiensis* δ-endotoxin. *Nat. Biotech.*, 18: 1 101 – 1 104.

Wei W, Qian YQ, Ma KP, 1999. Pest resistance to transgenic Bt crops and their management strategies. *Chin. J. Appl. Environ. Biol.*, 5(2): 215 – 228. [**魏伟,钱迎倩,马克平**,1999. **害虫对转** Bt **作物的抗性及其管理对策. 应用与环境生物学报**,5(2): 215 – 228]

Xie DX, Fan YL, Ni PC, 1991. Obtaining transgenic rice plants by introducing *Bacillus thuringiensis* gene into rice variety Zhonghua 11. *Science in China* (*Series B*), 21(8): 830 – 834. [**谢道昕,范云六,倪丕冲**,1991. **苏云金芽孢杆菌杀虫基因导入中国栽培水稻品种中花** 11 **号获得转基因植株. 中国科学** B **辑**,21(8): 830 – 834]

Ye GY, Shu QY, Yao HW, Cui HR, Cheng XY, Hu C, Xia YW, Gao MW, Altosaar I, 2001. Field evaluation of resistance of transgenic rice containing a synthetic cryAb gene from *Bacillus thuringiensis* Berliner to two stem borers. *J. Econ. Entomol.*, 94: 271 – 276.

Zhang XX, 2001. Insect Ecology and Forecast. 3rd ed. China Agriculture Press, Beijing. 151 – 155. [**张孝羲**, 2001. **昆虫生态及预测预报. 第** 3 **版. 北京: 中国农业出版社**. 151 – 155]

(责任编辑: 袁德成)